

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-176930

(43)Date of publication of application : 24.06.1994

(51)Int.Cl.

H01F 21/08  
G11B 5/127

(21)Application number : 04-322123

(71)Applicant : RES DEV CORP OF JAPAN

(22)Date of filing : 01.12.1992

(72)Inventor : MORI KANEO

## (54) MAGNETIC INDUCTANCE ELEMENT

## (57)Abstract:

PURPOSE: To increase the sensitivity of a magnetic inductance element by annealing it with d.c. or current that varies timewise being allowed to flow in a magnetic wire of the element.

CONSTITUTION: In a magnetic inductance element wherein voltage to hourly variation of a circumferential magnetic flux that is generated by applying current that varies timewise to a magnetic wire is varied by means of an external applied magnetic field, the magnetic inductance element is annealed with d.c. or current that varies timewise being allowed to flow in the magnetic wire. This is a magnetic inductance element that is annealed with current being allowed to flow in a magnetic wire having a negative magnetic strain or/and with tension being applied. This is a magnetic inductance element whose magnetic wire has a needle-like end. And, this is a magnetic inductance element combined with a magnetic field gathering body of high magnetic permeability. By this, a very sensitive magnetic inductance element can be obtained. By using this element, a very sensitive and small-size magnetic sensor or magnetic switch hybrid IC can be obtained.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.01.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3272423

[Date of registration] 25.01.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-176930

(43)公開日 平成6年(1994)6月24日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 F 21/08		7135-5E		
G 1 1 B 5/127		7303-5D		

審査請求 未請求 請求項の数8(全 7 頁)

(21)出願番号 特願平4-322123

(22)出願日 平成4年(1992)12月1日

(71)出願人 390014535

新技術事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(72)発明者 毛利 佳年雄

愛知県名古屋市天白区天白町大字島田黒石  
3911-3

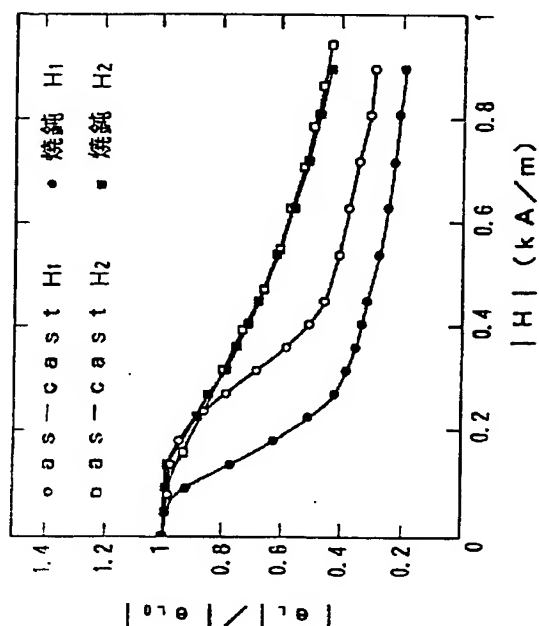
(74)代理人 弁理士 西澤 利夫

(54)【発明の名称】 磁気インダクタンス素子

(57)【要約】

【構成】 磁気インダクタンス素子の磁性線に、直流または時間的に変化する電流を通電した状態で、焼鈍を行なう。

【効果】 非常に感度のよい改良された磁気インダクタンス素子が提供される。さらにこのインダクタンス素子を用いて、非常に感度がよく小型の磁界センサや磁気スイッチハイブリッドICが提供される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 時間的に変化する電流を磁性線に印加することによって生じる円周磁束の時間変化に対する電圧を、外部印加磁界によって変化させることを特徴とする磁気インダクタンス素子において、磁性線に直流または時間的に変化する電流を通電した状態で、焼鈍してなることを特徴とする磁気インダクタンス素子。

【請求項2】 請求項1の磁気インダクタンス素子において、負磁歪をもつ磁性線に対して電流の通電、または／および、張力の印加を施した状態で、焼鈍してなる磁気インダクタンス素子。

【請求項3】 請求項1または請求項2の磁気インダクタンス素子において、磁性線の先端が針状形状である磁気インダクタンス素子。

【請求項4】 請求項1ないし3の磁気インダクタンス素子において、高透磁率集磁体と組み合わせてなる磁気インダクタンス素子。

【請求項5】 請求項1ないし4の磁気インダクタンス素子において、バイアスを印加され外部磁界の変化に対するインダクタンスの変化が正比例特性を示す磁気インダクタンス素子。

【請求項6】 請求項5の2個の磁気インダクタンス素子において、その復調電圧の差を出力電圧とする磁界センサ。

【請求項7】 請求項6の磁界センサにおいて、出力電圧を増幅し磁界として負帰還させることを特徴とする磁界センサ。

【請求項8】 請求項1ないし5の磁気インダクタンス素子とヒステリシスコンパレータとを結合させてなる磁気スイッチハイブリッドICデバイス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、磁気インダクタンス素子に関するものである。さらに詳しくは、この発明は、オーディオテープレコーダ、ビデオテープレコーダ、コンピュータ、計測制御機器のロータリエンコーダ、数値制御機器の磁気スケール等に用いられる磁気ヘッド等として有用な磁気インダクタンス素子に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術とその課題】マイクロエレクトロニクス技術の発展にともなって、AV機器、コンピュータ、計測制御機器、数値制御機器等の小型高性能化が急速に進んでいる。特にコンピュータ関連機器に関しては、それが顕著であり、たとえば、記憶媒体であるフロッピーディスクについてみると、5インチのものから、さらに小型化が進み、今や2.8インチ時代を迎えようとしている。

【0003】しかしながら、これらの各機器を小型化するには、その心臓部である磁気ヘッドを小型化する必要

があるが、この磁気ヘッドの小型化に関しては必ずしも容易ではなく、これを妨げる要因がある。ひとつの要因は、磁気ヘッド自体の大きさの問題である。つまり、従来の磁気ヘッドではコイルの巻線が必要であるため、磁気ヘッド自体がどうしても大型化してしまうということである。もうひとつは、検出感度の問題である。小型化されると磁気ヘッドと記憶媒体の相対速度が低下して検出速度が小さくなり、したがって、検出感度が著しく低下してしまうということである。

【0004】そこで、最近になって、従来の磁気ヘッドでは検出電圧が不足してくるため、磁束の時間変化でなく磁束そのものを検出する磁気抵抗素子(MR素子)をヘッドとして使用する動きが見られるようになってきた。これにより、小型化が一層押し進められてきた。だが、現在の磁気抵抗素子は電気抵抗の変化率が最大6%以下と非常に小さく、また、数%の磁気抵抗変化を生じさせるのに必要な外部磁界は、50ガウス以上と大きい。従って、磁気抵抗感度は、0.05%/G以下の低感度であり、このため信号対雑音比(S/N比)も非常に悪い。

【0005】したがって、磁気抵抗素子は着磁体に十分近接させて用いる必要があり、たとえば、スピンドルモータなどのロータリエンコーダにおいては、ギャップマージンが数十ミクロン程度しかなく、細かいゴミの侵入によってもモータが停止するといった故障が生じ易い状態を生んでいる。このような磁気抵抗素子に対し、最近になって、巨大磁気抵抗効果とよばれる現象が磁性人工格子を用いる場合に見出されているが、この場合には、実際のところ、数十%の電気抵抗変化を得るのに数百ガウスもの大きな磁界が必要であり、さらに、ヒステリシスの問題もあり、小型化を指向する製品にはこの技術は向いていない。

【0006】このような従来の磁性抵抗素子や巨大抵抗効果を用いた素子の欠点を克服した新しい素子をこの発明者はすでに提案している。一般的に、磁性を持つ導線に交流電流などの時間的に変化する電流を流すと、導線の両端には二種類の電圧の和が現われる。それらは導線の電気抵抗と電流との積による電圧と、円周磁束の時間変化による電圧である。通常後者の電圧は非常に小さいので、この電圧を利用することは、現在まで工学的にはとんどなかった。

【0007】そこで、この新しい素子は、時間的に変化する電流を磁性線に印加することによって生じる円周磁束の時間変化に対する電圧のみを、外部印加磁界による変化として検出することを基本的な原理としている磁気インダクタンス素子である。この磁気インダクタンス素子は、磁性線と、その磁性線の円周磁束の時間変化に対する電圧のみを取出す電気抵抗回路とからなる。図1はその磁気インダクタンス素子の例を示したものである。この図1の回路内の磁性線として、図2に示すように、

FeCoSiB等からなる零磁歪アモルファス細線等を折り曲げたものを用いることもできる。

【0008】このような磁気インダクタンス素子の回路により、磁性線に交流電流などの時間的に変化する電流（ $I_w$ ）を印加しその電気抵抗分による電圧を相殺することでインダクタンス分電圧（ $e_i$ ）を得ることができ、この磁気インダクタンス素子の磁性線に、外部から、たとえば、永久磁石やその他の手段で発生される一般的な直流磁界や交流磁界を印加することによって、 $e_i$ の振幅

【0009】

$$|e_i|$$

【0010】が減少し、外部印加磁界を検知することができる。この磁気インダクタンス素子において、たとえば、磁性線としてFeCoSiBからなるas-castの零磁歪a-ワイヤを用い、磁性線に平行方向に印加した外部磁界 $H_x$ と、ワイヤの長さを変化させて、各インダクタンス分電圧 $e_i$ の振幅

【0011】

$$|e_i|$$

【0012】を測定すると、図3に示すようになる。この図3において、(a)はワイヤの長さが30mm、

(b)はワイヤの長さが10mm、(c)はワイヤの長さが5mm、(d)はワイヤの長さが2mmの磁気インダクタンス素子について、各

【0013】

$$|e_i|$$

【0014】を測定したものである。たとえば、図3(a)に示したように、30mm長のa-ワイヤでは $H_x$ が約1(Oe)における

【0015】

$$|e_i|$$

【0016】は、 $H_x$ が0(Oe)における

【0017】

$$|e_{i0}|$$

【0018】に対して、約50%減少している。このとき、ワイヤの長さ方向に対して垂直方向の $H_z$ を印加すると

【0019】

$$|e_i|$$

【0020】はほとんど変化しない。すなわち、磁気インダクタンス素子は強い指向性を持っており、被検出信号磁界のみを選択的に検出するのでS/N比は著しく高くなる。しかしながら、その後のこの発明の発明者の検討により、この磁気インダクタンス素子にも、改善すべきことが存在することがわかってきた。

【0021】そのひとつは、さらに高感度・高安定で小型の磁気ヘッドの提供が望まれており、そのために、より高い磁気抵抗感度とより高い温度安定性を有する磁気インダクタンス素子を提供することである。さらに、た

たとえば、磁気記録のハードディスクドライブ用スピンドルモータの回転位置センサー（ロータリエンコーダ）などに用いられる多極着磁リング磁石においては、最近着磁の間隔が100 $\mu$ m程度まで狭められているため、磁気インダクタンス素子の磁性線の直径ないしは、先端径は数10 $\mu$ m以下でなければ、磁極からの表面磁束を感度よく検出することができない。このため、従来の磁気インダクタンス素子を多極着磁リング磁石に用いると、感度が十分ではなかった。

10 【0022】この発明は、以上の通りの事情に鑑みてなされたものであり、従来の磁気インダクタンス素子の感度を著しく向上させ、改良された磁気インダクタンス素子を提供することを目的としている。

【0023】

【課題を解決するための手段】この発明は、上記の課題を解決するための手段として、時間的に変化する電流を磁性線に印加することによって生じる円周磁束の時間変化に対する電圧を、外部印加磁界によって変化させることを特徴とする磁気インダクタンス素子において、磁性線に直流または時間的に変化する電流を通電した状態で、焼鈍してなることを特徴とする磁気インダクタンス素子を提供する。さらに、負磁歪をもつ磁性線に対して電流の通電、または／および、張力の印加を施した状態で、焼鈍を行なうことを特徴とする磁気インダクタンス素子、磁性線の先端が針状形状であることを特徴とする磁気インダクタンス素子、高透磁率集磁体と組み合わせることを特徴とする磁気インダクタンス素子をも提供する。

30 【0024】さらに、この発明においては、2個の磁気インダクタンス素子を用い、各素子に互いに逆方向のバイアス磁界を印加して、各

【0025】

$$|e_i|$$

【0026】の差を出力とする、直線性の優れた磁界センサを構成することもできる。図4はその磁界センサの出力を示すグラフである。この図において、直流バイアス磁界を $H_b$ 、各々のワイヤの両端のインダクタンス分電圧 $e_{i1}$ 、 $e_{i2}$ の復調電圧を $e'_{i1}$ 、 $e'_{i2}$ 、その復調電圧の差電圧を $E$ 、としている。すなわち、この図4に示すように、外部磁界 $H_{ex}$ が $-H_b < H_{ex} < H_b$ の範囲で

は、

$$e'_{i1} = F(H_{ex}) = a H_{ex} + b H_{ex}^2 + c H_{ex}^3 + \dots \text{のとき、}$$

$$e'_{i2} = -F(-H_{ex}) = a H_{ex} - b H_{ex}^2 + c H_{ex}^3 - \dots \text{となるので、}$$

$$E_i = e'_{i1} + e'_{i2} = 2a H_{ex} + 2c H_{ex}^3 \dots \text{となる。}$$

【0027】ここで、係数 $c$ は $a$ にくらべて十分小さいので、 $E_i = 2a H_{ex}$ としてよく、その結果、直線性のよい磁界センサが得られることとなる。さらに、この発明

においては、この磁気インダクタンス素子を用いて、さらに、 $E_c$ を増幅し、増幅電圧に比例した電流を2本のa-ワイヤの帰還巻線に通電して負帰還を施し、直線性の著しく優れたしかもヘッド部が温度変化に対して磁界検出感度の不変な磁界センサを構成してもよい。

【0028】さらに、この発明においては、磁気インダクタンス素子とヒステリシスコンパレータとを結合させ、外部磁界に対する高感度の磁気スイッチハイブリッドICデバイスを構成してもよい。以下実施例を示しさらに詳しくこの発明について説明する。

【0029】

【実施例】

#### 実施例1

実際に、磁気インダクタンス素子の磁性線に直流または時間的に変化する電流を通電した状態で、焼鈍を行なった。用いた磁気インダクタンス素子の回路は、前述の図1に示した通りのものであり、また、用いた磁気インダクタンス素子の磁性線は、前述の図2に示したように、 $125\mu\text{m}$ 径、 $10\text{mm}$ 長の $(\text{Fe}_{0.06}\text{Co}_{0.94})_{72.55}\text{Si}_{12.5}\text{B}_{15}$  (磁歪 $\lambda=-10^{-7}$ ) as-cast a-ワイヤを折り返して2端子を片側に集めたものである。このワイヤの両端に $30\text{mA}$   $10\text{kHz}$ の正弦波電流を印加し、さらに、外部直流磁界Hをワイヤに垂直と平行に印加し、その値を変化させ、両端子間電圧のインダクタンス分電圧 $e_c$ の振幅

【0030】

$$|e_c|$$

【0031】を測定した。図5はその結果であり、 $H=0$ の時の

【0032】

$$|e_c|$$

【0033】を

【0034】

$$|e_{L0}|$$

【0035】として、各

【0036】

$$|e_c|$$

【0037】を

【0038】

$$|e_{L0}|$$

【0039】の比で表わし、また、Hをワイヤに対して平行に印加した場合を $H_1$ 、垂直に印加した場合を $H_2$ としている。この図5に示したように、たとえば、Hをワイヤに平行に印加した場合、 $H_1=400\text{A/m}$ のとき、

【0040】

$$|e_c|/|e_{L0}|$$

【0041】は0.5であった。このa-ワイヤに $50\text{mA}$ の直流電圧 $I_{an}$ を通電した状態で、a-ワイヤを電気炉中で $300^\circ\text{C}$ 、 $10$ 分間加熱し、炉外に取り出して室温で冷却し、その後同様に、

【0042】

$$|e_c|$$

【0043】を測定すると、 $H_1=400\text{A/m}$ のとき、

【0044】

$$|e_c|/|e_{L0}|$$

【0045】は0.3となった。同様に、たとえば、 $H_1=200\text{A/m}$ においては、焼鈍前では、

【0046】

$$|e_c|/|e_{L0}|$$

10 【0047】が0.9であるのに対して、焼鈍後では、0.5となった。以上のように、焼鈍によって、磁気インダクタンス効果が著しく向上した。また、負磁歪をもつa-ワイヤを直線状で使用する磁気インダクタンス素子においても、同様に、外部磁界Hを変化させて、

【0048】

$$|e_c|$$

【0049】を測定した。その結果、 $C_{072.5}$   $S_{12.5}$   $B_{15}$  as-castワイヤに $I_{an}$ を通電しさらに $100\text{kg/mm}^2$ の張力を印加してワイヤ円周方向に磁化容易方向を誘導させた状態で焼鈍することによって磁気インダクタンス効果を著しく向上させることができた。図6(a)

20 (b) (c)は $50\mu\text{m}$ 径に線引加工された磁歪 $\lambda=-10^{-7}$  a-ワイヤにさらに $100\text{kg/mm}^2$ の張力を印加して $400^\circ\text{C}$ 、 $1$ 分間の加熱処理を施した場合である。

【0050】

$$|e_c| - H_{ex} (=H_1)$$

【0051】特性(磁気インダクタンス特性)は著しく高感度になり、ワイヤ長を $30\text{mm} \sim 2\text{mm}$ に変化させてもほぼ同一特性を示した。温度安定性も著しく向上した。

#### 30 実施例2

実際に、磁気記録のハードディスクドライブ用キャブスタンモータの回転位置センサー(ロータリエンコーダ)などに用いる磁気インダクタンス素子を製造し、この磁気インダクタンス素子を用いて、 $e_c$ 波形を測定した。

【0052】その製造した磁気インダクタンス素子は、 $30\text{mm}$ 径512極の着磁リング状プラスチック磁石に対し、 $50\mu\text{m}$ 径、 $10\text{mm}$ 長の $\text{FeCoSiB}$  a-ワイヤの先端を化学研磨で針状加工したものである。図7はその $e_c$ 波形の結果である。各条件は実施例1の場合と同様である。この図から非常に明確なパルス波形が得られることがわかる。

40 【0053】一方、先端を加工しない磁気インダクタンス素子を用いて、同じ条件で $e_c$ 波形を検出したが、その検出波形は明確なパルス波形が得られなかった。また、3.5インチ径ハードディスク用フェライト磁気ヘッド磁心(先端ギャップは $10\mu\text{m}$ )を集磁ヨークとし、先端を加工しない $100\mu\text{m}$ 径、 $3\text{mm}$ 長の $\text{FeCoSiB}$  a-ワイヤを磁心底部に取り付けて、デジタルオーディオマイクロカセット磁気テープの磁束を検出した結果、明瞭なパルス状波形が得られた。

**実施例 3**

15mm長のas-cast FeCoSiB a-ワイヤを2本並置し、各々100KHz、30mAの交流を通電して、 $H_b=1(0e)$ をコイルおよび直流電流で印加した場合のE.-Hex 特性を調べた。Hexは十分長いソレノイドコイルにより供給し、その周波数は1Hzであった。図8はその結果である。この結果から、非常に直線性に優れた磁気センサが得られた。

**実施例 4**

2mm長50 $\mu$ m 径の張力下加熱したa-ワイヤ (FeCoSi B) のe<sub>1</sub>をヒステリシスコンバータICチップと組み合わせてハイブリッドIC化した。外部磁界の限界値で出力電圧は跳躍して増加し、安定で著しく高感度の磁界スイッチICとなった。

【0054】

【発明の効果】以上詳しく説明した通り、この発明により、非常に感度のよい改良された磁気インダクタンス素子が提供される。さらにこのインダクタンス素子を用いることによって、非常に感度がよく小型の磁界センサや\*

\* 磁気スイッチハイブリッドICが提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の磁気インダクタンス素子を示した概略図である。

【図2】従来の磁気インダクタンス素子の磁性線を示した平面図である。

【図3】(a) (b) (c) (d)は、各々、従来の磁気インダクタンス素子を用いた磁気インダクタンスの波形を示した波形図である。

【図4】この発明の出力波形を示す波形図である。

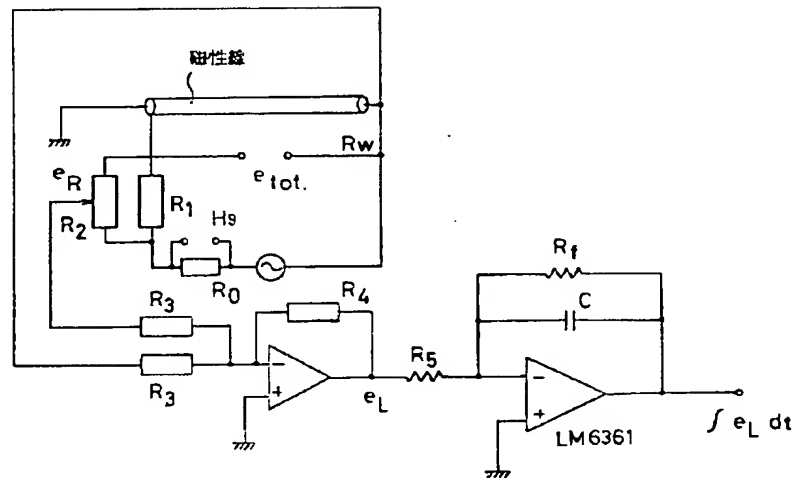
【図5】この発明の実施例として、磁気インダクタンス特性の結果を示した磁界強度相関図である。

【図6】(a) (b) (c)は、各々、この発明の実施例として、磁気インダクタンス特性の結果を示した磁界強度相関図である。

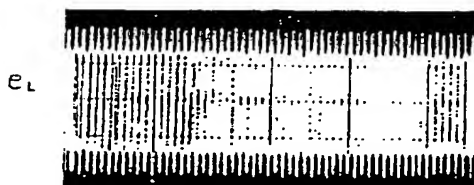
【図7】この発明の実施例として、出力波形を示す波形図である。

【図8】この発明の実施例として、出力波形を示す波形図である。

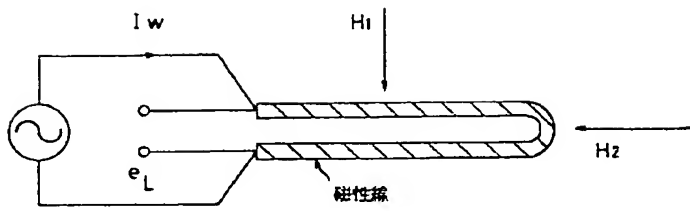
【図1】



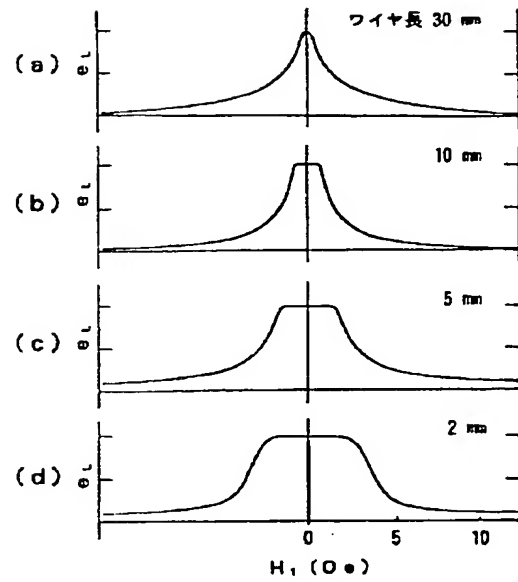
【図7】



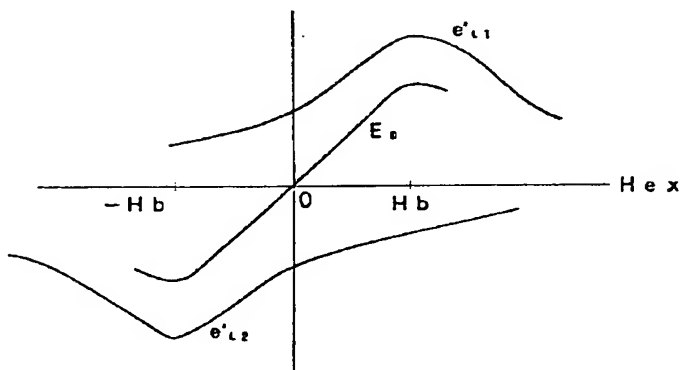
【図2】



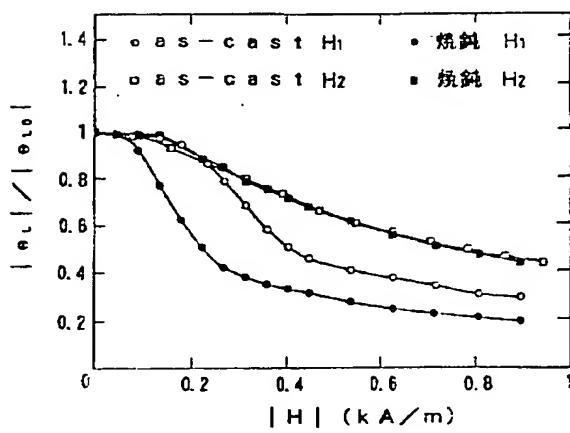
【図3】



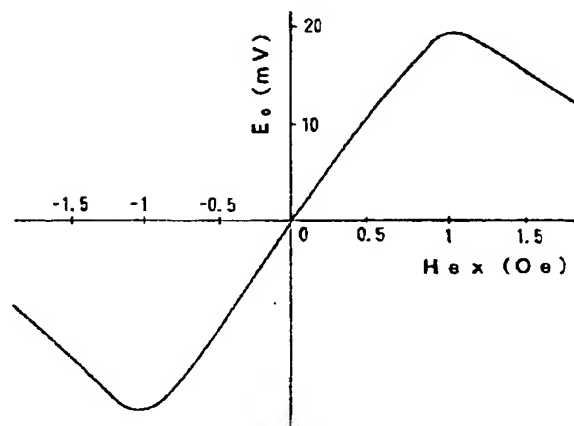
【図4】



【図5】



【図8】



【図6】

